

Van de Velde, Franco; Tavella, Agostina; Piagentini, Andrea; Güemes, Daniel; Pirovani, María

RETENCIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS EN EL LAVADO-DESINFECCIÓN DE FRUTILLAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS CON ÁCIDO PERACÉTICO

Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 11, núm. 2, diciembre, 2010, pp. 162-170

Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C.
Hermosillo, México

Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=81315809008>



Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha

ISSN (Versión impresa): 1665-0204

rebasa@hmo.megared.net.mx

Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C.

México

RETENCIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS EN EL LAVADO-DESINFECCIÓN DE FRUTILLAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS CON ÁCIDO PERACÉTICO

Franco Van de Velde, Agostina Tavella, Andrea Piagentini, Daniel Güemes y María Pirovani

Instituto de Tecnología de Alimentos (Facultad de Ingeniería Química – U.N.L.). 1° de Mayo 3250 – (3000) Santa Fe (Argentina) – E mail: mpirovan@fig.unl.edu.ar

Palabras claves: fresas, compuestos bioactivos, lavado-desinfección

RESUMEN

En este trabajo se propuso estudiar la operación de lavado-desinfección con ácido peracético (PAA) de frutillas frescas cortadas, usando diferentes condiciones operativas: concentraciones de PAA (0 – 80 ppm); tiempo (10 – 60 segundos) y temperatura (4 – 40°C). Se aplicó un diseño experimental de Superficie Respuesta de Box-Benhken, siendo las respuestas: concentración de ácido ascórbico y de ácido ascórbico total, capacidad antioxidante, fenoles totales, antocianinas totales, sólidos solubles, acidez total y color. De las respuestas estudiadas, sólo la concentración de ácido ascórbico fue afectada significativamente por las variables del proceso. Sin embargo, con respecto a la materia prima, se produjo una reducción promedio en el contenido de fenoles totales menor al 10% y una retención de las antocianinas totales y de la capacidad antioxidante de un 80% y un 90%, respectivamente. Si bien la evaluación de color no presentó cambios significativos con las variables del proceso en ninguno de los parámetros evaluados, se produjo un ligero oscurecimiento (disminución de L^*) con respecto a la materia prima. La retención de ácido ascórbico ajustó al modelo predictivo propuesto, no presentando falta de ajuste con un R^2 de 87,8%. Los resultados mostraron que a menor concentración de PAA y menor temperatura, mayor es la retención de ácido ascórbico. Además, a las mayores concentraciones de PAA (60 – 80 ppm), el efecto de la temperatura sería menor. Se concluyó que las pérdidas se debieron más a la oxidación del ácido ascórbico a dehidroascórbico por efecto del PAA, que a pérdidas por lixiviación en el agua de lavado. Como el ácido dehidroascórbico presenta también actividad de vitamina C, el lavado-desinfección propuesto no afectaría sensiblemente el aporte de dicha vitamina. Estos resultados indican que el proceso de lavado-desinfección propuesto mantiene la calidad nutricional y el potencial bioactivo del producto abriendo grandes posibilidades de uso del PAA en la industria de los frescos cortados.

RETENTION OF BIOACTIVE COMPOUNDS OF FRESH-CUT STRAWBERRIES AS A CONSEQUENCE OF WASHING DISINFECTION WITH PERACETIC ACID

Key words: strawberries, bioactive compounds, washing-disinfecting

ABSTRACT

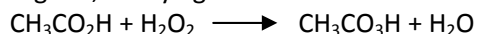
In this work, it was proposed to study the operation of washing-disinfection of fresh-cut strawberries with peracetic acid (PAA) using different operating conditions: concentration of PAA (0 – 80 ppm); time (10 – 60 seconds) and temperature (4 – 40°C). A Box-Benhken experimental design of Response Surface Methodology was applied, being the responses: concentration of ascorbic acid and of total ascorbic acid, antioxidant capacity, total phenols, total anthocyanins, soluble solids, total acidity and color. The results indicated that only the concentration of ascorbic acid was significantly affected by the variables of process. Nevertheless, it was produced an average reduction in the content of total phenols smaller than 10% and a retention of the total anthocyanins and of antioxidant capacity of 80% and 90%, respectively, with respect to unprocessed strawberries. Similarly, the evaluation of color presented no significant changes, with the operating variables, in the evaluated parameters. Nevertheless, a light darkening was produced (decrease of L^*) with regard to the produce. The reduction in ascorbic acid content adjusted to the proposed predictive model showing no lack of fit with a R^2 of 87,8%. The model showed that smaller concentrations of PAA and temperature, resulted in greater retention of ascorbic acid. At higher concentrations of PAA (60 – 80 ppm), the effect of the temperature was less significant on the retention of ascorbic acid. It was concluded that ascorbic acid losses were due more

to the oxidation to dehydroascorbic acid by effect of the PAA, than losses by lixiviation in the wash water. Taking into account that the dehydroascorbic acid also presents vitamin C activity, it was concluded that the proposed wash-disinfection would not affect sensitively the contribution of the vitamin. These results indicate that the proposed process of wash-disinfection maintains the nutritional quality and the bioactive potential of the product giving large possibilities to the use of PAA in the industry of the fresh-cut products.

INTRODUCCIÓN

Los compuestos derivados del cloro son los desinfectantes más ampliamente utilizados en la industria de los vegetales frescos cortados. La reacción del cloro con la materia orgánica resulta en la formación de carcinógenos halogenados, productos de la desinfección, como son los trihalometanos y los ácidos haloacéticos (Silveira A.C.; Conesa, A.; Aguayo, E.; Artés, F. 2008, Ölmez y Kretzschmar 2008). En los últimos años, la industria y la academia están buscando reemplazar al cloro en las operaciones de lavado - desinfección de los vegetales frescos cortados e incorporar desinfectantes alternativos que mantengan la calidad, la seguridad alimentaria y la vida útil como si se lavasen con cloro, y en lo posible reduciendo el consumo de agua del proceso. Actualmente, los principales agentes desinfectantes que han ganado interés son el dióxido de cloro, los ácidos orgánicos, el ácido peracético y el peróxido de hidrógeno (Ölmez y Kretzschmar 2008).

El ácido peracético (PAA) es un equilibrio cuaternario de ácido acético, peróxido de hidrógeno, PAA y agua:



La solución de PAA es producida en la reacción de ácido acético o anhídrido acético con peróxido de hidrógeno en presencia de ácido sulfúrico que actúa como catalizador (Vandekinderen I.; Devlieghere, F.; De Meulenaer, B.; Ragaert, P.; Van Camp; J. 2009).

El PAA es un agente sanitizante que no reacciona con las proteínas para producir compuestos tóxicos o carcinogénicos y los únicos productos de su descomposición

reportados, han sido ácido acético y oxígeno (Silveira A.C.; Conesa, A.; Aguayo, E.; Artes, F. 2008, Vandekinderen I.; Devlieghere, F.; De Meulenaer, B.; Ragaert, P.; Van Camp; J., 2009). El PAA tiene buenas propiedades antimicrobianas a bajas temperaturas en el rango de pH de 3 a 7,5 (Kitis, 2004).

El Código de Regulaciones Federales de los Estados Unidos (CFR) permite el uso de PAA en el agua de lavado de frutas y vegetales hasta en una concentración de 80ppm (CFR, 2007b).

Algunos de los problemas tecnológicos que pueden ocurrir durante las operaciones de lavado de los vegetales frescos cortados, son la pérdida de pigmentos, vitaminas por oxidación y/o lixiviación y la de otros compuestos por solubilización en el agua de lavado, lo que reduciría el aporte de nutrientes y compuestos bioactivos por parte de estos productos.

En este trabajo, se propone cuantificar y modelar los cambios en los compuestos bioactivos y atributos físico-químicos con el lavado-desinfección de frutillas frescas cortadas usando soluciones de PAA a distintos tiempos y temperaturas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima. Se utilizaron frutillas (*Fragaria ananassa* Duch, cultivar Camarosa) oriundas de Arroyo Leyes, Santa Fe, Argentina.

Mínimo procesamiento. Las frutillas se recibieron directamente del productor y se conservaron en cámara refrigerada a 3°C antes de su uso. Las frutas fueron inspeccionadas, eliminando aquellas con signos de

podredumbre, como así también las partes de la planta acompañantes. Con cuchillo de hoja lisa se separó el cáliz y el pedúnculo, luego se lavaron por aspersión con agua de red y se escurrieron sobre papel absorbente. Luego de esto se continuó el mínimo procesamiento en una "zona limpia" de la planta piloto del Instituto de Tecnología de Alimentos, FIQ, UNL, con temperatura controlada a 18°C y consistió en las siguientes etapas: Corte: manual, con cuchillo de acero inoxidable de hoja lisa, realizando cortes en cuartos. Posteriormente se realizó el lavado – desinfección en las condiciones de concentración de PAA, tiempo y temperatura según lo indicado por el diseño experimental, con una relación de 3 litros de solución de lavado por kilogramo de fruta. El envasado se realizó en potes con tapas (270 cm³), de tereftalato de polietileno (PET) y se almacenaron en cámara a 3°C hasta su análisis.

Obtención de los extractos. Cinco gramos de fruta se homogeneizaron con 75ml de acetona/agua (80:20) y se sonicaron en un Lavador Ultrasónico, Testlab, Buenos Aires, Argentina, durante 5 minutos; luego se centrifugó la mezcla a 12.000g durante 30 minutos a 4°C con una centrífuga refrigerada MSE-MISTRAL 4L. El sobrenadante fue separado y usado para los análisis correspondientes.

Capacidad antioxidante. La capacidad antioxidante de las muestras se midió de acuerdo a Sánchez-Moreno, C., Plaza, L.; de Ancos, B.; Cano, M. P. (2003). La actividad antirradicalaria se cuantificó por la medida de la disminución de la absorbancia de una solución metanólica de DPPH* a 517nm en presencia de alícuotas del extracto de la fruta. La concentración inicial de DPPH* fue de 0,03g/L y las lecturas fueron tomadas después de dejar reaccionar las muestras durante 120 minutos.

Los cálculos se realizaron de la siguiente manera:

$$\% \text{DPPH}^*_{\text{remanente}} = \left[\frac{A_{\text{muestra}}}{A_{\text{control}}} \right] \times 100$$

En donde Acontrol es la absorbancia de 3,9ml de solución de DPPH* adicionado de un volumen de metanol igual al volumen de muestra agregado en el tubo correspondiente y Amuestra es la absorbancia de 3,9ml de DPPH* adicionado con un volumen entre 0,025 y 0,075ml de extracto. Se calculó el IC50(muestra) definido como la cantidad de muestra en 1 ml de reacción necesaria para disminuir al 50% la concentración inicial de DPPH*, obtenida de la gráfica de % de DPPH* remanente vs. Concentración (mg de fruta/ml de reacción). Los análisis se realizaron por duplicado y los resultados se expresaron como la capacidad antioxidante equivalente al ácido ascórbico (AEAC) (Lim, et al. 2007) usando la siguiente ecuación:

$$\text{AEAC} \left(\frac{\text{mgAA}}{100\text{g de fruta fresca}} \right) = \frac{\text{IC50}_{(\text{AA})}}{\text{IC50}_{(\text{muestra})}} \times 10^5$$

Donde: IC50(AA) es la cantidad de ácido ascórbico en 1 ml de reacción necesaria para disminuir al 50% la concentración inicial de DPPH*, obtenida de la gráfica de % DPPH* remanente vs. Concentración (mg de AA/ml reacción).

Fenoles Totales. La determinación de fenoles totales se llevó a cabo usando el reactivo de Folin-Ciocalteu (Singleton y Rossi, 1965). A 0,125ml de extracto se agregaron 0,25 ml del reactivo de Folin-Ciocalteu. Los tubos se mezclaron y dejaron reaccionar durante 3 minutos. Luego se adicionó 0,5ml de solución saturada de carbonato de sodio y se completó a 5ml con agua destilada. Se agitó vigorosamente, se centrifugó durante 15 minutos a 3500 rpm y se dejó reaccionar durante 30 minutos. Los blancos de reactivos se prepararon reemplazando el volumen de muestra por agua destilada. Se midió la absorbancia a 760nm.

Las determinaciones se realizaron por duplicado en cada muestra y los resultados se expresaron en equivalentes de ácido gálico (mg AGE/100g de fruta fresca).

Antocianinas totales. El contenido de antocianinas totales se determinó por duplicado sobre el extracto obtenido, con el método diferencial de pH según Heo J y Lee Y (2005). Se midió la absorbancia a 510 y 700nm en soluciones reguladoras a pH 1 y 4,5. Las absorbancias se convirtieron a mg de pelargonidin-3-glucósido/ 100g de fruta fresca (mgP3G/100 g fruta fresca), usando un coeficiente de extinción molar de 22.400 L/(mol.cm), un camino óptico de 1cm y una absorbancia de:

$$A = [(A_{510} - A_{700})_{pH=1} - (A_{510} - A_{700})_{pH=4.5}]$$

Ácido ascórbico y ácido ascórbico total. El contenido de ácido ascórbico y ácido ascórbico total fue determinado por HPLC de acuerdo a Van de Velde, F.; Güemes, D. R.; Piagentini A.M.; Bernardi, C.M del H.; Pirovani M.E. (2009). 10 gramos de fruta fueron homogeneizados con 50ml de solución extractante (3% ácido metafosfórico y 8% de ácido acético). La mezcla fue homogeneizada por 1 minuto y luego centrifugada a 12.000g durante 40 minutos a 4°C con una centrifuga refrigerada MSE-MISTRAL 4L. El sobrenadante fue separado y diluido 1/6 con fase móvil, filtrado a través de una membrana Millipore 0,45µm e inyectado en el sistema de HPLC para conocer el contenido de ácido ascórbico (AA) de las muestras.

Para cuantificar el ácido ascórbico total (AAT) se utilizó una solución de ditiotritol (DTT) 0,5%. Se agregaron 0,2ml de DTT a 1ml del sobrenadante obtenido para el análisis de ácido ascórbico. La mezcla fue dejada en la oscuridad a temperatura ambiente por aproximadamente 1 hora, luego diluida 1/6 con fase móvil, filtrada a través de membrana Millipore 0,45µm e inyectada en el sistema de

HPLC. Las muestras estuvieron, durante y después de la preparación, al abrigo de la luz y sobre hielo molido para evitar pérdidas por oxidación. El equipo utilizado fue un HPLC-KONIK KNK-500-A Series, acoplado a un espectrofotómetro Uvis 200, (Konik Instruments). Las muestras fueron inyectadas en el sistema cromatográfico a través de un inyector manual equipado con un loop de 20µL, en una columna de fase reversa Phenomenex Gemini 5µ C18 110A unida a un guardacolumna Phenomenex. La fase móvil consistió en una solución buffer 0,03M de acetato de sodio/ácido acético pH= 4,0 ± 0,5. La velocidad de flujo de 1ml/min a temperatura ambiente. Las mediciones se hicieron a 238nm. El contenido de AA y AAT de las muestras se expresó en mg/100g de fruta fresca.

Color. Se determinó el color de las frutas sobre muestras trituradas (aproximadamente 50 gramos por muestra) y colocadas en cubetas blancas de 1cm de espesor, utilizando un espectrofotómetro Minolta 508d, en las siguientes condiciones: iluminante D65, ángulo del observador 10°, SCE (componente especular excluida), evaluándose los parámetros correspondientes al sistema CIE: L*, a*, b*, h y C*. El parámetro L* mide el grado de luminosidad (L*=100: blanco; L*=0: negro), el a*, el grado de componente rojo o verde (a*>0: rojo; a*<0: verde) y el b* el grado de componente amarillo o azul (b*>0: amarillo b*<0: azul). Por otro lado, el espacio L*C*h, usa el mismo diagrama que el espacio L*a*b*, pero en coordenadas cilíndricas. La luminosidad es la misma en ambos sistemas, y por su parte C* (croma) y h (ángulo de tono) son definidos a partir de a* y b* donde C* = (a*² + b*²)^{0.5} y h = arctg (b*/a*) (0°: rojo; 90° amarillo; 180° verde; 270° azul).

Acidez total. Se valoraron 15g de jugo de fruta triturada con una solución de hidróxido de sodio 0,1N hasta pH 8,1 usando un

potenciómetro marca Oakton Instruments provisto de escala de pH, según Rearte, A., Pedrani de Silvestre, M., Buljan de Manzino, M (1987). Los análisis se realizaron por duplicado y los resultados fueron expresados como g Ácido cítrico anhidro/100g de fruta fresca.

Sólidos solubles. Medidos por refractometría, usando un refractómetro digital de mano modelo Pal-alfa marca Atago con compensación automática de temperatura, sobre una muestra de jugo de fruta triturada. Los análisis se realizaron por duplicado y los resultados expresados como °Brix.

pH. Medido con un pHmetro Twinphmeter B-213 marca Horiba por duplicado sobre una muestra de fruta triturada.

Diseño experimental. Para estudiar la operación de lavado-desinfección se empleó la metodología de superficie de respuesta (RSM) usando un diseño de Box-Behnken (3 factores en 3 niveles). Las bases teóricas, fundamentos y aplicaciones han sido discutidas en numerosos trabajos (Box, G.E.P. Behnken, D.W. 1960; Floros, J.D. 1988; Giovani, M. 1983). Se supuso que existía una función matemática para cada una de las respuestas expresadas como porcentaje de retención (respecto a la materia prima) para concentración de ácido ascórbico y de ácido ascórbico total, capacidad antioxidante, fenoles totales, antocianinas totales, sólidos solubles, acidez total y color, en función de 3 factores independientes de proceso:

$$Y = f(C, T, t)$$

Donde Y = Respuesta, C = concentración de ácido peracético (ppm), T = temperatura de la solución de lavado (°C) y t = tiempo de tratamiento (s).

La ecuación polinomial de 2do orden propuesta como modelo es:

$$Y_k = \beta_{ko} + \sum_{i=1}^3 \beta_{ki} X_i + \sum_{i=1}^3 \beta_{kii} X_i^2 + \sum_{i=1}^2 \sum_{j=i+1}^3 \beta_{kij} X_i X_j$$

Donde: β_{ko} , β_{ki} , β_{kij} son los coeficientes y X_i son las variables independientes codificadas.

Las variables independientes, las variables codificadas y sus niveles se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Diseño experimental de Box-Behnken, variables y niveles codificados y sin codificar

Variables Independientes	Símbolos		Niveles	
	Sin codificar	Codificadas	Sin codif	Codificadas
Conc. ácido peroxiacético (ppm)	C	X_1	0	1
			40	0
			80	-1
Temperatura (°C)	T	X_2	4	1
			22	0
			40	-1
Tiempo (s)	t	X_3	10	1
			35	0
			60	-1

Análisis estadístico. El programa estadístico STATGRAPHICS(r) fue usado para el análisis de los datos a través del ANOVA y para comprobar la idoneidad de los modelos propuestos. Asimismo permitió ajustar las ecuaciones polinomiales de 2do. orden a los datos experimentales y graficar las superficies predichas a partir de los modelos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 2 muestra los resultados experimentales de todas las respuestas en el diseño experimental ensayado.

El test F de la falta de ajuste del modelo (datos no mostrados) en el ANOVA mide la falla del modelo en representar los datos en el dominio experimental. En este caso, todos los modelos que representan las respuestas mostraron que la falta de ajuste, basándose en el error puro, fue no significativa ($P > 0.05$). No obstante, sólo en el caso de la retención de ácido ascórbico resultaron significativos los términos del modelo (Tabla 3). Para todas las otras respuestas, la mejor predicción de un valor puntual en función de las variables del

proceso (concentración de ácido peracético, temperatura y tiempo) en el rango experimental ensayado, será el promedio de la respuesta de las 15 experiencias. El coeficiente de determinación (R^2) es la proporción de variabilidad en los datos explicada o tenida en cuenta por el modelo. En este caso, el modelo de retención de ácido ascórbico explica el

87,8% de la variabilidad de los datos. Basándose en estos análisis, se aceptó este modelo para representar los datos experimentales. El análisis de varianza para esta respuesta se presenta en la Tabla 3.

Tabla 2. Resultados experimentales del diseño de Box-Benhken expresados como porcentaje de retención respecto a la materia prima

C	T	t	% DE RETENCIÓN									
			AA	AAT	PT	CA	AnT	SS	AT	L*	a*	b*
40	4	60	93,3	98,8	85,3	89,5	51,9	110,9	87,6	94,9	91,9	91,3
40	22	35	70,0	83,5	82,3	86,5	82,8	107,9	70,9	92,4	96,9	87,2
80	4	35	65,5	83,6	84,1	93,7	89,5	110,1	89,0	93,4	97,9	84,2
0	22	10	90,7	100,2	93,8	97,4	62,3	87,1	61,9	89,8	97,2	90,0
0	4	35	92,7	104,0	87,8	89,6	76,8	62,5	89,0	96,3	99,9	103,3
0	22	60	88,9	95,1	95,8	113,5	98,5	124,2	78,3	95,2	103,1	99,8
40	4	10	104,4	104,0	96,6	108,4	93,6	121,2	107,5	103,2	100,1	96,3
40	22	35	71,1	81,8	88,9	90,8	72,8	94,1	97,3	97,4	93,0	88,1
80	22	10	79,6	91,9	115,7	112,5	101,7	108,9	70,0	88,0	99,9	94,9
80	22	60	87,2	94,1	83,3	103,6	74,6	101,0	87,0	97,8	100,4	96,1
40	40	60	78,0	91,5	87,9	89,0	65,8	84,2	70,9	89,0	85,9	80,7
80	40	35	65,4	90,9	88,2	93,9	67,1	109,9	65,0	92,1	95,0	95,9
40	22	35	76,5	90,3	93,0	98,5	68,3	97,0	88,5	93,6	96,1	97,3
0	40	35	75,6	90,3	90,5	92,7	77,6	79,1	98,1	97,5	97,9	97,2
40	40	10	91,4	104,5	87,6	99,5	104,7	87,9	84,4	94,0	104,5	95,2

AA: Ácido ascórbico, AAT: ácido ascórbico total, PT: fenoles totales, CA: capacidad antioxidante, AnT: antocianinas, SS: sólidos solubles, AT: acidez titulable, L*: luminosidad, a*: parámetro a* sistema CIE, b*: parámetro b* sistema CIE.

Tabla 3. ANOVA del modelo de regresión para la retención de ácido ascórbico

Fuente	g.l.	Suma Cuadrados	Significación
X1 (C)	1	314,37	*
X2 (T)	1	259,92	*
X3 (t)	1	43,57	ns
X12	1	8,32	ns
X1X2	1	73,02	ns
X1X3	1	21,71	ns
X22	1	49,61	ns
X2X3	1	1,40	ns
X32	1	880,60	*
Residual	5		
Falta de ajuste	3	205,74	ns
Error Puro	2	22,71	
R^2		87,83	

ns : no significativo, * significativo al 5%

El modelo predictivo obtenido eliminando los términos no significativos, resultó

$$Y = 73,83 - 6,275.X1 - 5,688.X2 + 15,359.X3$$

Para las otras respuestas ensayadas, es interesante evaluar el porcentaje promedio de retención de todas las corridas experimentales y el contenido promedio de la materia prima (Tabla 4).

Como puede observarse, los porcentajes de retención promedio obtenidos indican que, en el espacio experimental ensayado, las pérdidas de compuestos bioactivos y atributos de sabor como los sólidos solubles son mínimas. En este

sentido, Silveira A.C.; Conesa, A.; Aguayo, E.; Artes, F. (2008) demostraron que el lavado con 80 ppm de ácido peracético demora el ablandamiento, no afectó la velocidad de respiración, los sólidos solubles ni la acidez titulable de melones frescos cortados var. Galia durante 10 días a 5°C. Asimismo, Vandekinderen, I., Van camp, J., Devlieghere, F., Veramme, K., Denon, Q., Ragaert, P., De Meulenaer, B. (2008) coinciden en que el lavado-desinfección con ácido peracético de zanahorias ralladas puede optimizarse desde el punto de vista microbiológico sin afectar severamente la calidad sensorial ni nutricional del producto.

Tabla 4. Parámetros de calidad de la materia prima y su porcentaje de retención promedio luego de los ensayos de lavado desinfección con ácido peracético (0-80 ppm), tiempo (10-60 s) y temperatura (4-40°C).

Respuesta	Materia prima(*)	Porcentaje de retención (**)
Ac. Ascórbico Total (mg/100g ff)	46,5 ± 1,6	93,6 ± 7,5
Fenoles Totales (mgAGE/100g ff)	311,6 ± 14,3	90,7 ± 8,2
Antocianinas (mgP3G/100g ff)	27,1 ± 0,3	79,2 ± 15,6
Capacidad Antioxidante (mgAA/100g ff)	355,1 ± 6,7	97,3 ± 8,7
Acidez Total (g ACA/100g jugo)	0,6 ± 0,1	83,0 ± 13,2
Sólidos Solubles (° Brix)	5,0 ± 0,3	99,1 ± 16,8

(*) valor promedio de 3 determinaciones ± desviación estándar
 (**) valor promedio de las 15 corridas ± desviación estándar

Tabla 5 Parámetros de color materia prima y su porcentaje de cambio promedio luego de los ensayos de lavado desinfección con ácido peroxiacético (0-80 ppm), tiempo (10-60 s) y temperatura (4-40°C).

Respuesta	Materia prima (*)	Porcentaje de retención (**)
L*	33,40 ± 3,91	94,3 ± 3,9
a	28,32 ± 0,39	97,3 ± 4,6
b	14,52 ± 1,66	93,2 ± 6,1

(*) valor promedio de 3 determinaciones ± desviación estándar
 (**) valor promedio de las 15 corridas ± desviación estándar

En cuanto al color, la Tabla 5 muestra también que los porcentajes de cambio son menos del 10 % del color original. Si bien la evaluación instrumental de color no presentó cambios significativos en ninguno de los parámetros evaluados en función de las variables del proceso, se produjo un ligero oscurecimiento (disminución de L*) con respecto a la materia prima.

Los resultados mostraron que a menor concentración de PAA y menor temperatura, mayor es la retención de ácido ascórbico (Figura 1). Además a las mayores concentraciones de PAA (60 – 80 ppm), el efecto de la temperatura afectaría en menor medida.

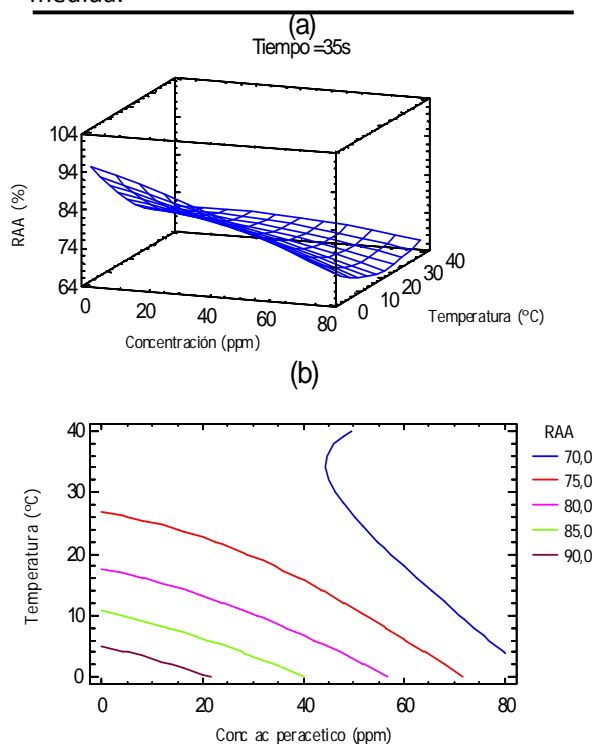


Figura 1. Superficie de respuesta y gráfico de contorno para el porcentaje de retención de ácido ascórbico (RAA %) en función de la concentración de ácido peracético y la temperatura de lavado-desinfección a t= 35s

Por otra parte, la concentración de ácido ascórbico total al no mostrar cambios en las condiciones estudiadas, indicaría que las pérdidas se debieron más a la oxidación del

ácido ascórbico a dehidroascórbico por efecto del PAA, que a pérdidas por lixiviación en el agua de lavado. Como el ácido dehidroascórbico presenta también actividad de vitamina C, el lavado-desinfección propuesto no afectaría sensiblemente el aporte de dicha vitamina por parte de la fruta fresca cortada.

CONCLUSIONES

Estos resultados indican que el proceso de lavado-desinfección propuesto mantiene la calidad nutricional en lo que respecta al contenido de ácido ascórbico y el potencial bioactivo del producto generando grandes posibilidades de uso del PAA en la industria de los frescos cortados.

AGRADECIMIENTO

Trabajo realizado con fondos de la Universidad Nacional del Litoral a través de la Programación CAI+D PI 18-102 y de la ANPCYT, a través del PICTO N° 35685.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Box, G.E.P.; Behnken, D.W. (1960) Some new three level designs for study of quantitative variables. *Technometrics* 2 (4) 455-475.
- Code of Federal Regulations [CFR]. (2007b). Title 21, Part 173.315. Secondary Direct Food Additives Permitted in Food for Human Consumption: Chemicals used in washing or to assist in the peeling of fruits and vegetables. Chlorine dioxide. <http://frwebgate3.access.gpo.gov/cgi-bin>.
- Floros, J.D.; Chinnan, M.S. (1988) Computer graphics assisted optimization for product and process development. *Food Technol.* 42 (2), 72- 78.
- Giovanni, M. (1983) Response surface methodology and product optimization. *Food Technol.* 37 (11) 41-45/83.
- Jin Heo, H.; Yong Lee, C. (2005). Strawberry and its anthocyanins reduce oxidative stress-induced apoptosis in PC12 cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53, 1984-1989.
- Kitis, M. (2004). Disinfection of wastewater with peracetic acid: a review. *Environmental Institute* 30, 47-55.
- Lim, Y. Y.; Lim, T. T.; Tee, J. J. (2007). Antioxidant properties of several tropical fruits: A comparative study. *Food Chemistry* 103, 1003-1008.
- Ölmez H.; Kretzschmar, U. (2008). Review: Potential alternative disinfection methods for organic fresh-cut industry for minimizing water consumption and environmental impact. *LWT – Food Science and Technology* XXX, 1-8.
- Rearte, A., Pedrani de Silvestre, M., Buljan de Manzino, M (1987). Técnicas Analíticas en Identidad y calidad de los alimentos frutihortícolas. Capítulo VIII Volumen II. Recopilación Técnica - INTI – CITEF.
- Sánchez-Moreno, C., Plaza, L.; de Ancos, B.; Cano, M. P. (2003). Quantitative bioactive compounds assessment and their relative contribution to the antioxidant capacity of commercial orange juices. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83, 430-439.
- Silveira A.C.; Conesa, A.; Aguayo, E.; Artes, F. (2008). Alternative Sanitizers to chlorine for use on fresh-cut "Galia" (*Cucumis melo* var. *catalupensis*) melon. *Journal of Food Science* 73, 405-411.
- Singleton, V. L. y Rossi, J. A. (1965) Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture* 16, 144-1158.
- Van de Velde, F.; Güemes, D. R.; Piagentini A.M.; Bernardi, C.M del H.; Pirovani M.E. (2009). Desarrollo y validación de un método analítico UV-HPLC para la determinación de vitamina C en frutillas. En *actas XII Congreso Cytal 2009*. Version en CD..

Vandekinderen, I., Van camp, J., Devlieghere, F., Veramme, K., Denon, Q., Ragaert, P., De Meulenaer, B. (2008) Effect of Decontamination Agents on the Microbial Population, Sensorial Quality, and Nutrient Content of Grated Carrots (*Daucus carota* L.) J. Agric. Food Chem., 56, 5723–5731.

Vandekinderen I.; Devlieghere, F.; De Meulenaer, B.; Ragaert, P.; Van Camp; J. (2009). Optimization and evaluation of a decontamination step with peroxyacetic acid for fresh-cut produce. Food Microbiology 26, 882-888.